

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Snížení nákladů na vytápění rodinného domu

Cost Reduction for Family House Heating

Student: Vojtěch Slíva

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Slíva**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí**
Specializace: **70 Technika tvorby a ochrany životního prostředí**
Téma: **Snížení nákladů na vytápění rodinného domu**
Cost Reduction for Family House Heating

Zásady pro vypracování:

1. Výpočet stávající tepelné ztráty RD, jeho jednotlivých částí.
2. Zpracování literární rešerše možných tepelných izolací a tepelných vlastností oken.
3. Aplikace možných tepelných izolací, druhů oken apod. na RD.
4. Možnosti regulace vytápění a její vliv na tepelné úspory.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení možných tepelných úspor.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] NOVÁK, J.: Úspory energie v rodinných domech a bytech. Grada Publishing. Praha, 1999.
- [2] HUMM, O.: Nízkoenergetické domy. Grada Publishing. Praha, 1999.
- [3] ŘEHÁK, J., JANOUŠ, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování, Praha, 1985.
- [4] CIHELKA, J.: Vytápění, větrání, klimatizace.
- [5] NOŽIČKA, J.: Termomechanika. ČVUT Praha, 2001.
- [6] Normy pro výpočet tepelných ztrát a tepelnou ochranu budov.
- [7] Internetové stránky výrobců izolačních materiálů, oken, apod.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010
Datum odevzdání: 23.05.2011




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Vojtěch Slíva

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sedliště 47

Sedliště

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SLÍVA, V. *Snížení nákladů na vytápění rodinného domu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2011, 52 s. Vedoucí práce: Ing. Janalík, R. CSc.

Bakalářská práce se zabývá snížením nákladů na vytápění rodinného domu. Na začátku práce se věnuji materiálům používaným k zateplování a moderním oknům a dveřím. V další části práce je vypočítána tepelná ztráta rodinného domu, tuto ztrátu používám ke srovnání s tepelnými ztrátami zatepleného rodinného domu. Ztráty rodinného domu vypočítávám pro tři různé druhy zateplení. V poslední části práce provádím výpočty nákladů na vytápění rodinného domu a pomocí těchto výpočtů počítám dobu návratnosti investice do zateplení.

ANOTATION OF MASTER THESIS

SLÍVA, V. *Cost Reduction for Family House Heating: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energetics, 2011, 52 p. Thesis head: Ing. Janalík, R. CSc.

This thesis deals with reducing the cost of heating of a house. At the beginning of the work is devoted to materials used for insulation and modern windows and doors. The second part is calculated heat loss of the house, that loss is used to compare the heat loss, thermally insulated house. Losses house are counted for three different types of insulation. In the last part I count the cost of heating a house and using those calculations I calculate the payback period of investment in insulation.

	strana
Seznam použitých veličin a symbolů	7
0 Úvod	8
1 Možnosti snížení tepelných ztrát rodinného domu	8
1.1 Možnosti zateplení obvodových zdí	8
1.2 Možnosti zateplení podlah	11
1.3 Možnosti zateplení stropů	11
1.4 Materiály používané k zateplování	12
1.5 Druhy oken a okenních rámců	15
2 Popis domu a výpočet stávajících tepelných ztrát	18
2.1 Popis domu	18
2.2 Výpočet tepelných ztrát pomocí normy ČSN 06 0210	19
2.3 Výpočet stávajících tepelných ztrát rodinného domu	20
2.3.1 Výpočet tepelných ztrát obvodových zdí	20
2.3.2 Výpočet tepelných ztrát přes strop	22
2.3.3 Výpočet tepelných ztrát přes podlahu	22
2.3.4 Výpočet tepelných ztrát přes okna	24
2.3.5 Výpočet tepelných ztrát větráním	25
2.3.6 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla stěnami	26
2.3.7 Výpočet tepelných zisků	27
2.3.8 Celková tepelná ztráta	27
3 Regulace vytápění	27
3.1 Tuhá fosilní paliva	28
3.2 Elektrická energie	29
3.3 Regulace	29
4 Výpočet tepelných ztrát zateplených obvodových zdí.....	30
4.1 Výpočet zateplení polystyrénem t=50 mm	30
4.2 Výpočet zateplení polystyrénem t=100 mm	32
4.3 Výpočet zateplení kamennou vatou t=100mm	34
5 Tepelné ztráty přes nová okna	37
5.1 Výpočet tepelných ztrát přes nová okna	37
5.2 Výpočet tepelných ztrát větráním	38
6 Tepelné ztráty přes strop	39
7 Celková tepelná ztráta	40
8 Ekonomické zhodnocení	40
8.1 Výpočet teoretické potřeby tepla na vytápění domu	40
8.2 Výpočet skutečné potřeby tepla na vytápění domu	41
8.3 Náklady na vytápění	42
8.4 Návratnost investice	44
9 Zhodnocení	45
10 Literatura	46
11 Přílohy	47

Značka Název

Jednotka

c	Cena tepla ze zdroje	[kč/GJ]
e	Opravný součinitel na zkrácení doby vytápění	[1]
i	Součinitel spárové průvzdušnosti	[m ² ·s ⁻¹ ·Pa ^{-0,67}]
k	Součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
l	Tloušťka stěny	[m]
B	Charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
D	Počet denostupňů	[dK]
C	Cena zateplení	[kč]
M	Charakteristické číslo místnosti	[1]
N	Náklady na vytápění	[kč/rok]
S	Plocha ochlazované konstrukce	[m ²]
U	Součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
α	Součinitel přestupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
ε	Opravný součinitel na nesoučasnost tepelných ztrát infiltrací	[1]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]
h _o	Výška okna	[m]
h _s	Výška stěny	[m]
l _o	Délka okna	[m]
l _s	Délka stěny	[m]
n _d	Počet dětí v domě	[1]
n _m	Počet mužů v domě	[1]
n _ž	Počet žen v domě	[1]
p ₁	Přirážka na vliv chladných konstrukcí	[1]
p ₂	Přirážka na urychlení zátopy	[1]
p ₃	Přirážka na světovou stranu	[1]
t _i	Teplota interiéru	[°C]
t _e	Teplota exteriéru	[°C]
Q _c	Celková tepelná ztráta	[W]
Q _d	Teoretická potřeba tepla	[W]
Q _{dskut}	Skutečná potřeba tepla	[W]
Q _i	Tepelné zisky z lidí	[W]
Q _o	Základní tepelná ztráta	[W]
Q _p	Tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q _v	Tepelná ztráta větráním	[W]
Q _z	Tepelné zisky	[W]
S _s	Plocha stěny	[m ²]
S _o	Plocha okna	[m ²]
U _g	Součinitel prostupu tepla	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
α _i	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
α _e	Součinitel přestupu tepla na vnější straně	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
η _K	Účinnost kotle	[1]
η _R	Účinnost rozvodu teplonosné látky	[1]
η _O	Účinnost obsluhy (regulace)	[1]

0 Úvod

V této práci se budu zabývat návrhem správného systému zateplení, druhy materiálů používaných k zateplování, výměně oken za vhodné a energeticky šetrná okna a dveře.

V dalším bodě budu počítat tepelné ztráty nezatepleného dvoupatrového rodinného domu, který se nachází v obci Sedliště. Budu počítat ztráty přes obvodové zdi, strop, podlahu, okna a ztrátu větráním v domě. Tyto ztráty mi budou sloužit k porovnání se zatepleným domem.

V tomto bodě budu navrhopvat možnosti, jak snížit energetickou náročnost rodinného domu. Pro snížení tepelných ztrát přes obvodové zdi budu počítat s polystyrénem a kamennou vatou, pro snížení tepelných ztrát přes strop budu počítat s minerální vlnou. Podlahy se kvůli technické náročnosti provedení nebudou zateplovat. Počítá se s výměnou oken, budou to dřevěné euro okna.

V závěru práce porovnáím úspory na vytápění díky zateplení rodinného domu. Díky těmto výsledkům budu moci spočítat, za jak dlouho se vrátí investice do zateplovacího systému.

1 Možnosti snížení tepelných ztrát rodinného domu

1.1. Možnosti zateplení obvodových zdí

Pro většinu budov je vhodnější používat venkovní zateplení. Důvody spočívají v prodloužení životnosti konstrukce domu, ochranou před mrazem a slunečním zářením, snížení působení tepelných mostů [5].

Zateplení vnější obálky domu můžeme provést pomocí čtyř možných způsobů:

- tepelně izolační omítkou,
- kontaktním zateplovacím systémem,
- odvětrávaným zateplovacím systémem,
- sendvičovým zdivem.

▪ Tepelně izolační omítká[5]:

Má lepší tepelně izolační vlastnosti než klasická omítká (obsahuje perlit nebo polystyrén), používá se ovšem jen jako doplňková izolace (ostění kolem oken). Její součinitel teplotní vodivosti bývá kolem 0,09W/K.m.

Výhody:

- lepší tepelně izolační vlastnosti než klasická omítka,
- paropropustnost,
- vhodná pro zateplení historických budov,
- nižší pracnost, možná strojní aplikace.

Nevýhody:

- nižší tepelně izolační vlastnosti v porovnání s ostatními konstrukčními řešeními,
- náročnější příprava podkladu,
- omezení klimatickými podmínkami (mokrý proces).

▪ Kontaktní zateplovací systém[5]:

Je nejrozšířenějším zateplovacím systémem. Jde o konstrukci bez jakékoliv vzduchové mezery, kde je izolace nalepena a ukotvena přímo na zdi. Přes ni jsou nanášeny další ochranné vrstvy zakončené vnější povrchovou úpravou (omítkou). Nejčastěji se používají výrobky z polystyrénu nebo minerálních vláken.

Výhody:

- dobré tepelně izolační vlastnosti,
- eliminace tepelných mostů,
- menší tloušťka izolace,
- zachování původního rázu fasády,
- snadná údržba a opravitelnost,
- technologicky nenáročné,
- cena.

Nevýhody:

- náročné na kvalitu provedení a použité materiály,
- přípravná fáze,
- vyšší difúzní odpor,
- omezení klimatickými podmínkami,
- vyšší pracnost u členitých pláštů,
- nižší odolnost proti mechanickému poškození.

▪ Bezkontaktní zateplovací systém (montované-zavěšené-provětrávané) [5]:

Charakteristickým znakem bezkontaktního fasádního systému je volný prostor mezi předsaženou (pohledovou) vrstvou a tepelnou izolací připevněnou na obvodovou stěnu. Díky tomu vzniká provětrávaná mezera, která přirozeně odvádí vlhkost mimo konstrukci budovy. Bezkontaktní fasády jsou vhodné zejména jako dodatečné zateplení budov s vyšší vnitřní vlhkostí nebo pro budovy, jejichž fasáda se obkládá deskovým materiálem. Jako tepelná izolace se nejčastěji používají výrobky z polyuretanu, ovčí vlny nebo celulózy. Na obklady mohou být použity například dřevotřískové, betonové, korkové nebo keramické desky.

Výhody:

- dobré tepelně izolační vlastnosti,
- možné použití na objekty s vyšší vlhkostí,
- možnost instalace i za mrazu,
- životnost, snadná údržba a opravitelnost.

Nevýhody:

- náchylnější na vznik tepelných mostů,
- vyšší pracnost zejména u členitých plášťů,
- cena.

▪ Sendvičové izolační systémy[5]:

Princip tepelné izolace formou sendvičové konstrukce spočívá ve vrstvení materiálů s různými tepelně izolačními vlastnostmi. Velice častým způsobem je vrstvení nosná zed' + tepelně izolační vrstva + (odvětrávací mezera) + vnější přízdívka. Rozdělením na část nosnou a část tepelně izolační umožňuje optimalizovat konstrukci stěn a dosáhnout tak vysokých hodnot tepelného odporu, akumulační schopnosti zdiva i zvukové izolace.

Výhody:

- dobré tepelně izolační vlastnosti,
- dobré zvukově izolační vlastnosti,
- možnost aplikace více izolačních vrstev,
- protipožární odolnost,
- životnost.

Nevýhody:

- vyšší pracnost, technologická náročnost,
- řešení bez provětrávané mezery je náchylnější na kondenzaci vodní páry,
- cena.

1.2 Možnosti zateplení podlah [6]

Podlahy na terénu mohou mít kromě ztrát tepla i jiné neduhy. Prvním může být vlhkost, která vstupuje do stěn a podporuje jejich plesnivění, případně hnilobu dřevěných podlah. Druhým může být radon, který proniká z horninového podloží a ohrožuje zdraví osob.

V případě, že je možné zasáhnout do interiéru (například vybourání podlah), se terén vyhloubí tak, aby ve skladbě nové podlahy bylo dost místa i pro tepelnou izolaci. Tyto práce spojujeme i s izolováním obvodových zdí, respektive základů.

Pokud zásah do stávající podlahy není možný, zmírníme ztráty tím, že izolujeme zeminu pod objektem. Buď zapustíme izolaci pod terén v okolí základů, nebo izolaci rozložíme naplocho kolem dokola stavby v pásu cca metrové šířky, pod okapový chodníček. V obou případech tím zvýšíme teplotu zeminy pod podlahou. Jestliže jsou obytné místnosti podsklepeny, zateplujeme jejich podlahy zespoda, nalepením izolantu na strop sklepa.

1.3 Možnosti zateplení stropů [6]

Má-li dům nevytápěnou půdu, můžeme strop poměrně snadno a efektivně izolovat položením izolace na podlahu půdy. K tomu se dobře hodí desky a rohože z minerální či ovčí vlny. Izolaci pak volně překryjeme například lepenkou, ale vždy tak, aby izolace mohla větrat. Zabráníme tím znečištění prachem a pronikání studeného větru do izolace. Jinou možností je zafoukání nebo zasypání podlahy z papírových vláken, perlitem nebo jinou sypkou izolací. Je však nutné, aby půdou neprofukoval vítr (efekt izolace by se potlačil). Zateplování stropů zevnitř nese největší riziko kondenzace vlhkosti z vnitřního vzduchu.

1.4 Materiály používané k zateplování

▪ Pěnový polystyrén (EPS) [7]

Polystyrén je tvarově konstantní materiál, nemá na něj vliv vlhkost, má vysokou odolnost proti hnilobě a nijak nestárne, je dobře zpracovatelný a má výborný poměr mezi cenou a užitnou hodnotou jako tepelná izolace.

výhody:

- snadná opracovatelnost
- nízká hmotnost
- cena
- malá odolnost v tlaku

nevýhody:

- citlivost na vysoké teploty (+70°C)
- stárnutí materiálu, objemové změny
- hořlavý
- neekologický materiál



obrázek pěnového polystyrénu 1.1[8]

▪ Extrudovaný polystyrén (XPS) [7]

Využití extrudovaného polystyrénu je vhodné pro obrácené a zelené střechy, dále pak pro podlahy, vnější stěny, kde dochází ke styku se zemí. Jedná se o druhy s hladkým povrchem, ozubem po celém obvodu. Další využití je pro konstrukce s vysokým tlakovým namáháním, dále s vroubkovaným povrchem, vhodným pro nanášení omítek a obkladů s rovnou hranou po obvodu. Extrudovaný polystyrén snese větší tlakové namáhání.

výhody:

- vysoká pevnost
- nízká hmotnost
- bez objemových změn
- snadná opracovatelnost
- velmi nízká nasákavost

nevýhody:

- citlivý na vyšší teplotu (+75°C)
- citlivý na organická rozpouštědla
- neekologický materiál
- cena



Obrázek extrudovaného polystyrénu 1.2 [8]

▪ Kamenná vlna [7]

Tato izolace je určená k tepelné, zvukové a protipožární izolaci. Její přednosti jsou: hřeje, nehoří, tlumí zvuk, dýchá, nepřijímá vlhkost a je šetrná k přírodě. V neposlední řadě je poměrně důležitá informace, že kamenná vlna je věčná. Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

výhody:

- dobré zvukově izolační vlastnosti
- nízký difúzní odpor
- odolnost vůči vysokým teplotám
- nehořlavá
- odolná vůči hmyzu a hlodavcům

nevýhody:

- vysoká nasákavost
- náročné na kvalitu provedení
- vyšší hmotnost
- respirabilní
- cena



Obrázek kamenné vaty 1.3 [8]

▪ Skelná vata [7]

Jedná se o minerální vlnu, jejíž součástí jsou roztavená skleněná vlákna. Skelná vata je vhodná jako izolace a zateplení. Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

výhody:

- dobré zvukově izolační vlastnosti
- nízký difúzní odpor
- odolnost vůči vysokým teplotám
- malá tepelná roztažnost
- nehořlavost

nevýhody:

- náročné na kvalitu provedení
- vysoká nasákavost
- horší komfort při zabudování



Obrázek skelné vaty 1.4 [8]

▪ Pěnové sklo [7]

Pěnové sklo se vyrábí napěněním skloviny pomocí práškového uhlí, které mu dává charakteristickou černou barvu. Jedná se o mimořádně odolný materiál, který velice dobře snáší vysoké teploty, zatížení tlakem i agresivní prostředí (chemikálie, plísně...). Navíc je zcela vodo a parotěsné, takže ho lze použít v místech s trvalou vlhkostí. Jeho nevýhodou je snad jen vysoká cena, která brání širšímu použití.

výhody:

- nenasákavé
- biologicky a chemicky odolné
- snadná opracovatelnost
- nehořlavost
- dlouhá životnost

nevýhody:

- odolnost vůči vysokým teplotám
- velmi vysoký difúzní odpor
- nepružné
- cena



Obrázek pěnového skla 1.5 [9]

V této tabulce je zhodnocení často používaných zateplovacích materiálů a jejich vlastností [10].

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Měrná tepelná kapacita c [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
Extrudovaný polystyrén (XPS)	0,032-0,035	25-30	2060
Minerální vlny	0,054-0,095	150-350	1150
Skelná vata	0,046-0,05	15-35	940
Pěnové sklo	0,06-0,069	120-165	840
Pěnový polystyrén (EPS)	0,039-0,043	25-30	1270

Tabulka 1.1

1.5 Druhy oken a okenních ráků [11]

Návrh oken se stává velmi důležitou částí projektu domu, obzvláště domů s nízkou spotřebou energie. Navržení těchto oken musí respektovat nejenom jejich tepelně-izolační vlastnosti, ale i jejich součinitel prostupu slunečního záření. Na tomto parametru záleží, do jaké míry může slunce vytápět dům. Výpočtem a optimalizací součinitele prostupu tepla a součinitele prostupu slunečního záření můžeme dosáhnout velmi dobré energetické bilance oken a celého domu.

Nedílnou součástí každého okna je jeho rám. Druh a materiál rámu je důležitý především z hlediska ceny a jeho vlivu na snížení tepelných ztrát.

▪ Rozdělení oken podle použitého materiálu na rám okna [11]:

- dřevěné,
- plastové,
- hliníkové,
- ocelové,
- kombinované.

▪ Dřevěné okenní rámy [11]:

Mají dobré tepelně izolační vlastnosti. Předností jsou estetické vlastnosti dřeva. Nevýhodou je nízká odolnost proti organickým škůdcům (plísň, houby, hmyz), vlhkosti

a ohni. V současné době se okna vyrábějí v souladu s euro programem průmyslu výroby oken z lamelových vlysů.

- **Plastové okenní rámy [11]:**

Okenní rámové vlysy musí být vyztuženy kovovým profilem, který má antikoroziní úpravu. Pro zlepšení tepelně-technických vlastností vlysů se vyrábí vícekomorové systémy. V současnosti se vyrábí tři až pět komorových profilů. Komory se plní polyuretanovou pěnou, aby byla zajištěna lepší tepelná izolace. Nevýhodou je, že tato okna jsou hermeticky uzavíratelná, proto se doporučuje používat okna s větrací štěrbinou.

- **Hliníkové okenní rámy [11]:**

Rámové vlysy mohou být konstruovány s přerušovaným nebo nepřerušovaným tepelným mostem. Požadavky jsou podobné jako u ocelových rámových vlysů. Povrchová úprava může být provedena anodickou oxidací nebo práškovými technologiemi.

- **Ocelové okenní rámy [11]:**

Okenní rámové vlysy jsou konstruované z uzavíratelných rámových profilů. Mohou být s přerušením nebo bez přerušování tepelného mostu. Přerušovaný tepelný most se používá v domácnostech (k oddělení studeného vnějšího skla od teplého vnitřního skla). Materiálem používaným k přerušování tepelného mostu bývá polyamid vyztužený skelnými vlákny.

- **Kombinované okenní rámy [11]:**

Nejčastěji používanou je kombinace dřeva se slitinami hliníku. Další, méně používanou materiálovou kombinací, je kombinace plastu s hliníkem.

Izolační skla:

V současnosti se vyrábějí izolační zasklení, která jsou charakterizována koeficientem prostupu tepla $U_g < 1.15 \text{ Wm}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Takto nízkého součinitele výrobce dosahuje především použitím správného plynu jako výplně okenní dutiny, použitím skla s nízkou emisivitou a tenkou vrstvou pokovení skleněné tabule [12].

Rozdělení oken podle typu zasklení [12]:

- jednoduché zasklení,
- izolační dvojsklo,
- izolační trojsklo.

▪ Jednoduché zasklení [12]

Dnes se již moc nepoužívá, spíše už jen na zasklívání starých památek. Má dobrou světelnou propustnost a je hodně energeticky náročné.

▪ Izolační dvojsklo [13]

Izolační dvojskla jsou konstruována jako dvě tabule skla, jejichž vzdálenost vymezuje dutý distanční rámeček. Obvodové spojení tabulí skel a rámečku je provedeno trvale plastickým tmelem. Vnější obvod tabulí skel a rámečku je vyplněn trvale pružným vulkanickým tmelem.

▪ Izolační trojsklo [14]

U tohoto typu zasklení se dosahuje součinitele prostupu tepla U_g až $0,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Vnitřní a venkovní tabule jsou pokovené, prostřední skleněná tabule je obvykle kalená.

Důležitým faktorem, který snižuje součinitel prostupu tepla zasklením, je druh plynu použitého k naplnění dutiny. Dnes jsou hlavně používány vzácné plyny - Argon, Krypton, Xenon, FS6 (fluorid sírový) [10]

Plyn	$\lambda_j [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$	$U_g [\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}]$ s tloušťkou mezery $d [\text{m}]$		
		0,006	0,012	0,018
Vzduch	0,0258	3,3	2,93	2,8
Xenon	0,0054	2,75	2,59	2,56
Argon	0,0173	3,04	2,75	2,66
Krypton	0,0093	2,6	2,53	2,54

Tabulka 1.2 Fyzikální vlastnosti plynů [10]

Do tabulky jsem zpracoval stručný přehled běžně používaných oken, a jejich součinitele prostupu tepla.

Součinitel prostupu tepla: $U[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	
Dřevěné okno s jednoduchým zasklením	5,2
Špaletové okno s obyčejným zasklením	2,7
Dřevěné okno s dvojitým obyčejným zasklením	2,8
Plastové nebo dřevěné okno s běžným izolačním dvojsklem	2,8
Plastové nebo dřevěné okno s izolačním dvojsklem a mezerou mezi skly plněnou argonem a s pokovením	1,8-1,3
Plastové nebo dřevěné okno s izolačním dvojsklem a s fólií mezi skly	0,9-1,1
Repasované špaletové okno, zasklení s pokovením	1,9-2,1

Tabulka 1.3 Vlastnosti oken [6]

2 Popis domu a výpočet stávajících tepelných ztrát

2.1 Popis domu

Výpočty tepelných ztrát se budou vztahovat k rodinnému domu, který se nachází v obci Sedliště v okrese Frýdek-Místek. Dům stojí v nechráněné krajině s intenzivními větry, pro tuto oblast je výpočtová teplota exteriéru $t_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dům je dvoupatrový s nevytápěnou sedlovou střechou, dům je celý podsklepený a sklep je nevytápěný. Dům je stavěný tradičním způsobem z plných pálených cihel, na které je nanášena vrstva vápenné omítky. Stropy i podlahy jsou zatepleny původním zateplovacím materiálem, kterým je škvára. Podlahy v celém domě jsou ze smrkového dřeva, výjimkou jsou jen koupelny a chodby. V přízemí je kuchyň, obývací pokoj, ložnice, koupelna, schodiště a chodba. Ve druhém patře se nachází kuchyň, obývací pokoj, dětský pokoj, ložnice, koupelna a chodba.

2.2 Výpočet tepelných ztrát pomocí normy ČSN 06 0210

Rovnice pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu podle normy ČSN 06 0210 [2],[4],[10].

Rovnice pro výpočet celkové tepelné ztráty Q_c [W] :

$$Q_c = Q_o + Q_v - Q_z \quad (1)$$

Rovnice pro výpočet tepelné ztráty prostupem Q_p [W] :

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (2)$$

p_3 volím podle orientace stěny na světovou stranu k tomu slouží tato tabulka:

J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tabulka 2.1 Přirážka na světovou stranu [10]

p_1 [1] – přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

p_2 [1] – přirážka na urychlení zátoku

p_3 [1] – přirážka na světovou stranu

Rovnice pro výpočet základní tepelné ztráty Q_o [W] :

$$Q_o = \Sigma \cdot k \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad (3)$$

k [W . m⁻² . K⁻¹] – součinitel prostupu tepla

S [m²] – ochlazovaná část stavební konstrukce

t_i [°C] – výpočtová vnitřní teplota

t_e [°C] – výpočtová venkovní teplota

Rovnice pro výpočet součinitele prostupu tepla - k [W . m⁻² . K⁻¹] :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (4)$$

α_i [W . m⁻² . K⁻¹] – součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

α_e [W . m⁻² . K⁻¹] – součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce

l [m] – šířka jednotlivé vrstvy konstrukce

λ [W.m⁻¹.K⁻¹] – součinitel tepelné vodivosti

Výpočet plochy stěny ochlazované konstrukce S [m²]

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h_s - l_o \cdot h_o \quad (5)$$

S_s [m²] – plocha stěny

S_o [m²] – plocha okna

l_s, l_o [m] – délka stěny, okna

h_s, h_o [m] – výška stěny, okna

Výpočet tepelné ztráty větráním Q_v [W] :

$$Q_v = 1300 \cdot \Sigma \cdot (i \cdot l) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad (6)$$

i [m³ · s⁻¹/m · Pa^{0.67}] – součinitel provzdušnosti spár oken a dveří

l [m] – délka spár oken a dveří

B [Pa^{0.67}] – charakteristické číslo budovy

M [1] – charakteristické číslo místnosti

Výpočet tepelných zisků v budově z osob v ní bydlících Q_i [W] :

$$Q_i = (0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m) \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \quad (7)$$

n_z [1] – počet žen v domě

n_d [1] – počet dětí v domě

n_m [1] – počet mužů v domě

Prostup tepla stavební konstrukcí se skládá z přestupu tepla z vnitřního vzduchu do vnitřního povrchu konstrukce, z vedení tepla stavební konstrukcí od vnitřního k vnějšímu povrchu a dále z přestupu tepla z vnějšího povrchu do vnějšího vzduchu [3].

2.3 Výpočet stávajících tepelných ztrát

2.3.1 Výpočet tepelných ztrát obvodových zdí

Výpočet dle vzorce (4) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,29}{0,86} + \frac{0,06}{0,7} + \frac{1}{23}} = 1,54 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Omítka vápenná vnější	0,05	0,87
Omítka vápenná vnitřní	0,06	0,7
Plná pálená cihla	0,29	0,86

Tabulka 2.2 Vlastnosti materiálů stěny [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (ložnici), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 1,54 \cdot 15,02 \cdot [20 - (-15)] = 809,6 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (5) :

$$S = [(2,5 \cdot 2,65) + (4,2 \cdot 2,65)] - [(0,7 \cdot 1,4) + (2,25 \cdot 0,8)] = 15,02 \text{ m}^2$$

Pokoj	t_i [°C]	t_e [°C]	S_s [m ²]	S_o [m ²]	Q_o [W]
Ložnice	20	-15	17,8	2,78	809,6
Obývací pokoj	20	-15	22,93	2,1	1122,74
Kuchyň	20	-15	14,31	3,19	599,4
Koupelna	24	-15	4,77	-	286,5
Spíž	15	-15	7,42	-	342,8
Schodiště	15	-15	2,88	0,825	94,95
Chodba	15	-15	17,25	3,87	618,2
Celkem					3874,2

Tabulka 2.3 Vypočtené hodnoty Q_o [W] v přízemí

Pokoj	t_i [°C]	t_e [°C]	S_s [m ²]	S_o [m ²]	Q_o [W]
Dětský pokoj	20	-15	9,135	2,07	380,8
Kuchyň + obývací pokoj	20	-15	36,3	4,75	1700,54
Ložnice	20	-15	18,8	1,69	922,23
Koupelna	24	-15	19,45	0,825	1118,62
Chodba	20	-15	4,7	0,825	208,87
Schodiště	15	-15	10	-	462
Celkem					4793,05

Tabulka 2.4 Vypočtené hodnoty Q_o [W] v prvním patře

2.3.2 Výpočet tepelných ztrát přes strop

Výpočet dle vzorce (4) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{0,21} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{23}} = 0,653 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Omítka	0,02	0,7
Prkna ze smrkového dřeva	0,02	0,14
Škvára	0,25	0,21

Tabulka 2.5 Vlastnosti materiálů stropu [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (dětský pokoj), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,653 \cdot 13,8 \cdot [20 - (-6)] = 234,3 \text{ W}$$

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$S_{\text{strop}} [\text{m}^2]$	$Q_o [\text{W}]$
Dětský pokoj	20	-6	13,8	234,3
Kuchyň+obývací pokoj	20	-6	27,9	473,7
Ložnice	20	-6	12,06	204,75
Koupelna	24	-6	6,83	133,8
Chodba	20	-6	10,93	185,57
Schodiště	15	-6	5,25	72
Celkem				1303,55

Tabulka 2.6 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes strop

2.3.3 Výpočet tepelných ztrát přes podlahu

Tyto výpočty budou počítány pouze pro stávající stav podlahy rodinného domu. Z technologických a finančních důvodů se nebude podlaha zateplovat.

Výpočet dle vzorce (4) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{0,21} + \frac{0,1}{1,1} + \frac{1}{8}} = 0,628 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Prkna ze smrkového dřeva	0,02	0,14
Švára	0,25	0,21
beton	0,1	1,1

Tabulka 2.7 Vlastnosti materiálů podlahy [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,628 \cdot 16,65 \cdot (20 - 3) = 177,8 \text{ W}$$

Pokoj	t _i [°C]	t _e [°C]	k[W · m ⁻² · K ⁻¹]	S _{podlaha} [m ²]	Q _o [W]
Kuchyň	20	3	0,628	16,65	177,8
Ložnice	20	3	0,628	10,5	112,1
Obývací pokoj	20	3	0,628	18,66	199,2
Celk					489,1
Koupelna	24	3	1,58	5,4	179,2
Chodba	15	3	1,58	6,93	131,4
Schodiště	15	3	1,58	12,56	238,1
Spíž	15	3	1,58	1,95	37
Celkem					585,7

Tabulka 2.8 Vypočtené hodnoty Q_o[W] přes podlahu

Pod čarou jsou vyznačeny místnosti s jinou skladbou podlahy, proto pro ně počítáme jiný součinitel prostupu tepla:

Výpočet dle vzorce (4) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,37}{1,1} + \frac{0,005}{0,95} + \frac{1}{8}} = 1,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Beton	0,37	1,1
Keramická dlažba	0,005	0,95

Tabulka 2.9 Vlastnosti materiálů podlahy [15]

2.3.4 Výpočet tepelných ztrát přes okna

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 2,7 \cdot 3,2 \cdot [20 - (-15)] = 302,4 \text{ W}$$

Druh výplně	k [W . m ⁻² . K ⁻¹]
Stará okna	2,7
Staré vnitřní dveře	2,3
Staré venkovní dveře	4,1

Tabulka 2.10 Součinitelé prostupu tepla přes okna a dveře [4]

Pokoj	t _i [°C]	t _e [°C]	S _{okna} [m ²]	S _{dveře} [m ²]	Q _o [W]
Přízemí					
Kuchyň	20	-15	3,2	-	302,4
Ložnice	20	-15	2,8	-	264,6
Obývací pokoj	20	-15	2,1	-	198,45
Chodba	15	-15	1,35	2,52	419,3
Schodiště	15	-15 ; 3	0,825	1,4	105,5
celkem					1290,25
1. patro					
Dětský pokoj	20	-15	2,07	-	195,6
Ložnice	20	-15	1,6875	-	159,5
Koupelna	24	-15	0,825	-	86,9
Kuchyň	20	-15	4,75	-	448,9
Chodba	20	-15	0,825	-	78
Celkem					968,9

Tabulka 2.11 Vypočtené hodnoty Q_o[W] přes okna a dveře

2.3.5 Výpočet tepelných ztrát větráním

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (6) :

$$Q_v = 1300 \cdot (1,4 \cdot 2,3) \cdot 12 \cdot 0,7 \cdot (20 - (-15))$$

Druh výplně	Průvzdušnost $i = m^3 \cdot s^{-1} / m \cdot Pa^{0.67}$
Vnitřní netěsné dveře	3,6
Venkovní netěsné dveře	1,9
Netěsné okna	1,4

Tabulka 2.12 Průvzdušnost oken a dveří

[4] Z literatury pro takto situovaný dům volíme charakteristické číslo budovy $B = 12 Pa^{0.67}$ a charakteristické číslo místnosti $M = 0,7$.

Pokoj	$t_i [^{\circ}C]$	$t_e [^{\circ}C]$	$i [m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{0.67}]$	$l [m]$	$Q_v [W]$
Přízemí					
Kuchyň	20	-15	1,4	2,3	123,1
Ložnice	20	-15	1,4	2,15	115
Obývací pokoj	20	-15	1,4	1,3	69,6
Chodba	15	-15	1,4 ; 1,9	1,3 ; 4	308,6
Schodiště	15	-15 ; 3	1,4 ; 3,6	1 ; 2,4	159,1
celkem					775,4
1. patro					
Dětský pokoj	20	-15	1,4	1,3	69,6
Ložnice	20	-15	1,4	1,3	69,6
Koupelna	24	-15	1,4	1	59,6
Kuchyň	20	-15	1,4	3,6	192,63
Chodba	20	-15	1,4	1	53,5
Celkem					444,9

Tabulka 2.13 Vypočtené hodnoty $Q_v [W]$ okna a dveře

2.3.6 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla stěnami

[4] Pro daný dům volím z literatury $p_1 = 0,25$ a $p_2 = 0,1$

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 599,4 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,05) = 839,16 W$$

Pokoj	$p_3[1]$	$Q_o[W]$	$Q_p[W]$
Přízemí			
Kuchyň	0,05	599,4	839,16
Ložnice	-0,05	809,6	1052,5
Obývací pokoj	-0,05	1122,74	1459,6
Chodba	-0,05	618,2	803,6
Schodiště	0,1	79,1	114,7
Koupelna	0,05	286,5	401,1
Spíž	0,05	342,8	478,8
celkem			5149,5
1. patro			
Dětský pokoj	-0,05	380,8	495
Ložnice	0,05	922,3	1291,2
Koupelna	-0,05	1118,6	1454,2
Kuchyň	0,05	1700,5	2380,7
Chodba	0,1	208,9	302,9
Schodiště	0,05	385	539
Celkem			6463

Tabulka 2.14 Vypočtené hodnoty $Q_p[W]$ přes obvodové zdi

[4] Pro daný dům volím z literatury pro podlahu $p_1=0,25$, pro strop $p_1=0,09$ a $p_2=0,1$. Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 1074,8 \cdot (1 + 0,25 + 0,1) = 1451 \text{ W}$$

Plocha	$Q_o[W]$	$Q_p[W]$
Podlaha	1074,8	1451
Strop	1303,55	1551,2

Tabulka 2.8 Vypočtené hodnoty $Q_p[W]$ přes podlahu a strop

2.3.7 Výpočet tepelných zisků

Tyto tepelné zisky budou pro všechny výpočty stejné, jelikož se nebude měnit počet lidí v domě ani tepelné zisky ze spotřebičů.

Výpočet dle vzorce (7) :

$$Q_i = (0,85 \cdot 2 + 2) \cdot 6,2 \cdot (36 - 20) = 367,04 \text{ W}$$

[10] Z literatury počítáme tepelný přínos spotřebičů na byt =100W, jelikož v domě jsou dvě bytové jednotky, počítám 2.100W=200W tepelných zisků ze spotřebičů.

Výpočet celkové tepelné ztráty:

$$Q_z = Q_i + 200 = 567,04 \text{ W}$$

2.3.8 Celková tepelná ztráta

Výpočet celkové tepelné ztráty rodinného domu.

Výpočet dle vzorce (1) :

$$Q_i = 14614,7 + 2259,15 + 1220,3 - 567,04 = 17527,11 \text{ W}$$

3 Regulace vytápění

V mnou řešeném rodinném domě je vytápění realizováno primárně pomocí kotle na tuhá fosilní paliva. Druhým zdrojem je elektrický kotel, který se ovšem využívá jen k přitápění mimo topnou sezónu.

3.1 Tuhá fosilní paliva

▪ Tuhá fosilní paliva [17]

Vytápění pevnými fosilními palivy – černým uhlím, hnědým uhlím a koksem zaznamenalo v posledních letech velký ústup. Důvody byly jak ekologické, tak ekonomické. Při spalování uhlí vzniká velké množství škodlivých zplodin, které znečišťují vzduch a životní prostředí. Masivní nástup pohodlného vytápění pomocí elektřiny a relativně levného zemního plynu společně s ekologickým faktorem způsobil, že velké množství subjektů nahradilo vytápění fosilními palivy právě těmito systémy. Avšak v souvislosti s tím, jak se zvyšují ceny elektřiny a zemního plynu, mnoho domácností i podnikatelských subjektů se vrací k vytápění fosilními palivy. Díky moderním technologiím může být v současnosti vytápění uhlím ekologické, levné i

pohodlné. Aby těchto vlastností bylo dosaženo, je třeba důkladného spalování. Klíčem k úspěchu jsou moderní uhelné kotle.

Moderní modely těchto kotlů nejenže snižují ekologickou zátěž pro životní prostředí, která jejich provozem vzniká, ale výrazně usnadňují celý provoz topného systému. Díky velkoobjemovým automatickým zásobníkům není třeba častá obsluha, při plném výkonu kotle stačí jednou denně, při sníženém výkonu dokonce jednou za 3 dny.

Nedostatky starých typů kotlů:

- velmi nízká účinnost spalování, zhruba kolem 60%,
- prakticky nulová regulace výkonu,
- vysoké nároky na obsluhu,
- velmi neekologické spalování paliv.

Vlastnosti moderních kotlů:

- vysoká účinnost spalování přesahující 80%,
- automatická regulace kotle, srovnatelná s plynovými či elektrickými kotly,
- automatický provoz zajišťuje minimální potřebu obsluhy,
- velké zásobníky paliva, automatika přivádí na rošt pouze potřebné množství paliva,
- nízké provozní náklady,
- široká oblast využití.

3.2 Elektrická energie

▪ Elektřina [17]

Elektřina, jako tepelný zdroj pro vytápění, je z hlediska nároků na výrobu nejnáročnější. Není tedy překvapivé, že je to nejdražší zdroj energie. K celkovému zlepšení nevede ani fakt, že mezi cenou energie, cenou topidla a komfortem obsluhy, se oproti ostatním zdrojům nejsnáze mění v tepelnou energii. Z hlediska komfortu obsluhy, mohou být otopná zařízení u tohoto zdroje malá, výkon se snadno reguluje a při reprodukci energie se neuvolňují žádné zplodiny. Elektřina je zkrátka dostupná všude.

Výhody elektrického vytápění:

- bezobslužné a velmi komfortní,
- příznivé pořizovací náklady, dle variant.

Nevýhody elektrického vytápění:

- finančně nákladné na provoz – závisí na tepelně-izolačních vlastnostech objektu,
- problémy poruchy při dodávkách,
- neekologické (při výrobě elektrické energie).

K výhodám vytápění elektrickou energií bychom mohli přiřadit kladné ekologické hledisko, ale jen když není ovzduší v okolí domu zatěžováno přímým procesem výroby elektřiny. Díky tomu, že se velká část elektřiny vyrábí v uhelných elektrárnách, které mají poměrně malou účinnost, jsou emise CO₂ spojené s tímto zdrojem energie vysoké.

3.3 Regulace

Regulace [17]

Regulace vytápění je základním předpokladem pro dosažení úsporného provozu. Účelem regulace je zajištění toho, aby kotel spaloval pouze takové množství paliva, které je zapotřebí k dosažení požadované teploty v jednotlivých místnostech. Důležitým požadavkem návrhu systému vytápění je možnost jeho pružné regulace. U domů s malou tepelnou ztrátou již nabývá na významu vliv tepelných zisků od osob a jejich činnosti (vaření, elektrospotřebiče) a vliv pasivního využití sluneční energie.

Nebude-li možné systém pružně regulovat, tj. bude-li existovat významná tepelná setrvačnost vytápění, může dojít k přehřátí interiéru. Toto bude samozřejmě tím větší, čím menší schopnost akumulace tepla mají vnitřní povrchy.

Nejpoužívanější typy regulací:

pokojoyvý termostat – řídí činnost kotle v závislosti na teplotě v místnosti, ve které je umístěn (dnes se již nepoužívá),

programovatelný termostat – řídí činnost kotle podle předem nastaveného programu, ale pouze v závislosti na teplotě v místnosti, ve které je umístěn,

programovatelné regulátory – řídí teplotu v různých místnostech podle samostatných programů,

programovatelné termostatické hlavice – řídí teplotu v různých místnostech podle samostatných programů, navíc v případě prudkého poklesu teploty v místnosti (např. při větrání) neotevrou průtok vody na maximum, ale naopak ho uzavřou, čímž dochází k úsporám.

4 Tepelné ztráty při zateplení obvodových zdí

4.1 Zateplení polystyrénem t=50 mm

Výpočet základní tepelné ztráty:

Výpočet dle vzorce (3) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,29}{0,86} + \frac{0,06}{0,7} + \frac{0,05}{0,039} + \frac{0,002}{0,12} + \frac{1}{23}} = 0,513 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Omítka vápenná vnější	0,05	0,87
Omítka vápenná vnitřní	0,06	0,7
Plná pálená cihla	0,29	0,86
Pěnový polystyrén	0,05	0,039
Perlitová omítka	0,002	0,12

Tabulka 4.1 Vlastnosti materiálu obvodových zdí [19]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (ložnici), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,513 \cdot 15,02 \cdot [20 - (-15)] = 269,7 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (5) :

$$S = [(2,5 \cdot 2,65) + (4,2 \cdot 2,65)] - [(0,7 \cdot 1,4) + (2,25 \cdot 0,8)] = 15,02 \text{ m}^2$$

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$S_s [\text{m}^2]$	$S_o [\text{m}^2]$	$Q_o [\text{W}]$
Ložnice	20	-15	17,8	2,78	269,7
Obývací pokoj	20	-15	22,93	2,1	374
Kuchyň	20	-15	14,31	3,19	199,7
Koupelna	24	-15	4,77	-	95,5
Špíz	15	-15	7,42	-	114,2
Schodiště	15	-15	2,88	0,825	31,6
Chodba	15	-15	17,25	3,87	205,9
Celkem					1290,6

Tabulka 4.2 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes obvodové zdi v přízemí

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$S_s [\text{m}^2]$	$S_o [\text{m}^2]$	$Q_o [\text{W}]$
Dětský pokoj	20	-15	9,135	2,07	126,9
Kuchyň + obývací pokoj	20	-15	36,3	4,75	566,5
Ložnice	20	-15	18,8	1,69	307,2
Koupelna	24	-15	19,45	0,825	372,6
Chodba	20	-15	4,7	0,825	69,6
Schodiště	15	-15	10	-	153,9
Celkem					1596,7

Tabulka 4.3 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes obvodové zdi v prvním patře

Výpočet prostupu tepla stěnami:

[4] Pro daný dům volím z literatury $p_1=0,25$ a $p_2=0,1$

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 599,4 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,05) = 839,16 \text{ W}$$

Pokoj	$p_3[1]$	$Q_o[W]$	$Q_p[W]$
Kuchyň	0,05	199,7	279,6
Ložnice	-0,05	269,7	305,6
Obývací pokoj	-0,05	374	486,2
Chodba	-0,05	205,9	266,5
Schodiště	0,1	31,6	45,8
Koupelna	0,05	95,5	133,7
Spíž	0,05	114,2	159,9
1. patro			
Dětský pokoj	-0,05	126,9	165
Ložnice	0,05	307,2	430
Koupelna	-0,05	372,6	484,4
Kuchyň	0,05	566,5	793,1
Chodba	0,1	69,6	100,9
Schodiště	0,05	153,9	165,5
Celkem			3821,6

Tabulka 4.4 Vypočtené hodnoty $Q_p[W]$ přes obvodové zdi

4.2 Zateplení polystyrénem $t=100$ mm

Výpočet základní tepelné ztráty:

Výpočet dle vzorce (3) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,29}{0,86} + \frac{0,06}{0,7} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,002}{0,12} + \frac{1}{23}} = 0,31 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
Omítka vápenná vnější	0,05	0,87
Omítka vápenná vnitřní	0,06	0,7
Plná pálená cihla	0,29	0,86
Pěnový polystyrén	0,10	0,039
Perlitová omítka	0,002	0,12

Tabulka 4.5 Vlastnosti materiálů obvodových zdí [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (ložnici), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,31 \cdot 15,02 \cdot [20 - (-15)] = 163 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (5) :

$$S = [(2,5 \cdot 2,65) + (4,2 \cdot 2,65)] - [(0,7 \cdot 1,4) + (2,25 \cdot 0,8)] = 15,02 \text{ m}^2$$

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$S_s [\text{m}^2]$	$S_o [\text{m}^2]$	$Q_o [\text{W}]$
Ložnice	20	-15	17,8	2,78	163
Obývací pokoj	20	-15	22,93	2,1	226
Kuchyň	20	-15	14,31	3,19	120,6
Koupelna	24	-15	4,77	-	57,7
Spíž	15	-15	7,42	-	69
Schodiště	15	-15	2,88	0,825	19,1
Chodba	15	-15	17,25	3,87	124,4
Celkem					779,8

Tabulka 4.6 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes obvodové zdi v přízemí

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$S_s [\text{m}^2]$	$S_o [\text{m}^2]$	$Q_o [\text{W}]$
Dětský pokoj	20	-15	9,135	2,07	76,6
Kuchyň + obývací pokoj	20	-15	36,3	4,75	342,3
Ložnice	20	-15	18,8	1,69	185,6
Koupelna	24	-15	19,45	0,825	225,2
Chodba	20	-15	4,7	0,825	42
Schodiště	15	-15	10	-	93
Celkem					964,7

Tabulka 4.7 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes obvodové zdi v prvním patře

Výpočet prostupu tepla stěnami:

[4] Pro daný dům volím z literatury $p_1=0,25$ a $p_2=0,1$

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 599,4 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,05) = 839,16 \text{ W}$$

Pokoj	$p_3[1]$	$Q_o[W]$	$Q_p[W]$
Kuchyň	0,05	120,6	168,8
Ložnice	-0,05	163	211,9
Obývací pokoj	-0,05	226	293,8
Chodba	-0,05	124,4	161,7
Schodiště	0,1	19,1	27,7
Koupelna	0,05	57,7	80,8
Spíž	0,05	69	96,6
1. patro			
Dětský pokoj	-0,05	76,6	99,6
Ložnice	0,05	185,6	259,8
Koupelna	-0,05	225,2	292,8
Kuchyň	0,05	342,3	479,2
Chodba	0,1	42	60,9
Schodiště	0,05	93	130,2
Celkem			2363,8

Tabulka 4.8 Vypočtené hodnoty $Q_p[W]$ přes obvodové zdi

4.3 Zateplení kamennou vatou

Výpočet základní tepelné ztráty:

Výpočet dle vzorce (3) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,87} + \frac{0,29}{0,86} + \frac{0,06}{0,7} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,002}{0,12} + \frac{1}{23}} = 0,284 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	$l [m]$	$\lambda [W.m^{-1}.K^{-1}]$
Omítka vápenná vnější	0,05	0,87
Omítka vápenná vnitřní	0,06	0,7
Plná pálená cihla	0,29	0,86
Kamenná vata	0,10	0,035
Perlitová omítka	0,002	0,12

Tabulka 4.9 Vlastnosti materiálů obvodových zdí [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (ložnici), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,284 \cdot 15,02 \cdot [20 - (-15)] = 149,3 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (5) :

$$S = [(2,5 \cdot 2,65) + (4,2 \cdot 2,65)] - [(0,7 \cdot 1,4) + (2,25 \cdot 0,8)] = 15,02 \text{ m}^2$$

Pokoj	t_i [°C]	t_e [°C]	S_s [m ²]	S_o [m ²]	Q_o [W]
Ložnice	20	-15	17,8	2,78	149,3
Obývací pokoj	20	-15	22,93	2,1	207
Kuchyň	20	-15	14,31	3,19	110,5
Koupelna	24	-15	4,77	-	52,8
Spíž	15	-15	7,42	-	63,2
Schodiště	15	-15	2,88	0,825	17,5
Chodba	15	-15	17,25	3,87	114
Celkem					714,3

Tabulka 4.10 Vypočtené hodnoty Q_o [W] přes obvodové zdi v přízemí

Pokoj	t_i [°C]	t_e [°C]	S_s [m ²]	S_o [m ²]	Q_o [W]
Dětský pokoj	20	-15	9,135	2,07	70,2
Kuchyň + obývací pokoj	20	-15	36,3	4,75	313,6
Ložnice	20	-15	18,8	1,69	170
Koupelna	24	-15	19,45	0,825	203,3
Chodba	20	-15	4,7	0,825	38,5
Schodiště	15	-15	10	-	85,2
Celkem					883,8

Tabulka 4.11 Vypočtené hodnoty Q_o [W] přes obvodové zdi v prvním patře

Výpočet prostupu tepla stěnami:

[4] Pro daný dům volím z literatury $p_1=0,25$ a $p_2=0,1$

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

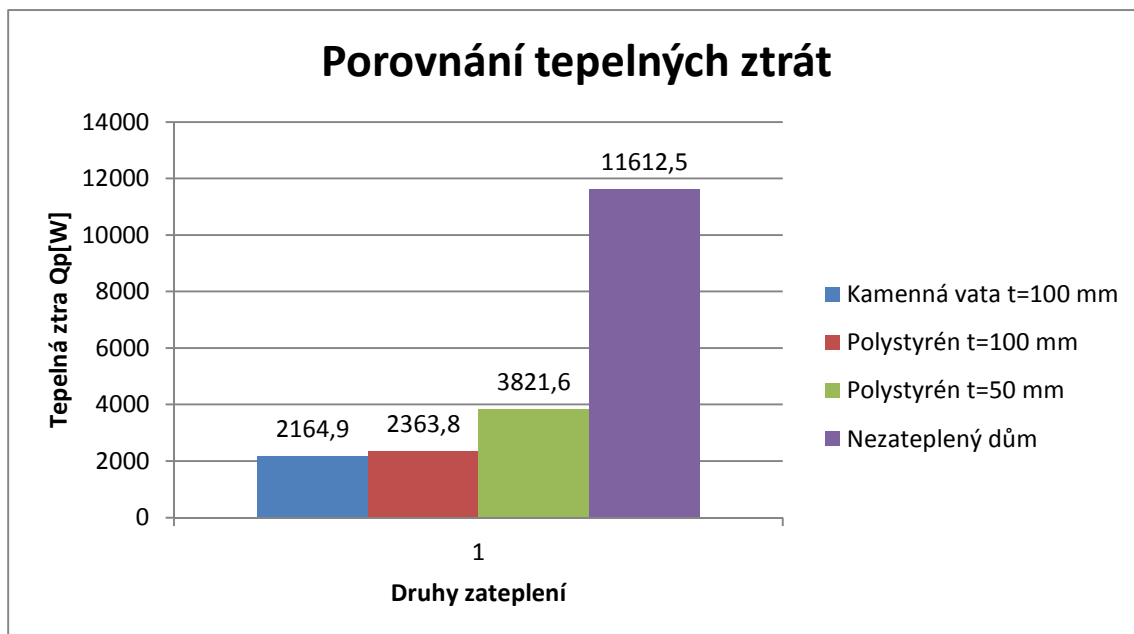
Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 599,4 \cdot (1 + 0,25 + 0,1 + 0,05) = 839,16 \text{ W}$$

Pokoj	$p_3[1]$	$Q_o[W]$	$Q_p[W]$
Kuchyň	0,05	110,5	154
Ložnice	-0,05	149,3	194,1
Obývací pokoj	-0,05	207	269,1
Chodba	-0,05	114	148,2
Schodiště	0,1	17,5	25,4
Koupelna	0,05	52,8	74
Spíž	0,05	63,2	88,5
1. patro			
Dětský pokoj	-0,05	70,2	91,3
Ložnice	0,05	170	238
Koupelna	-0,05	206,3	268,2
Kuchyň	0,05	313,6	439
Chodba	0,1	38,5	55,8
Schodiště	0,05	85,2	119,3
Celkem			2164,9

Tabulka 4.12 Vypočtené hodnoty $Q_p[W]$ přes obvodové zdi

Porovnání tepelných ztrát rodinného domu před zateplením a po zateplení. Z grafu je jasně patrné, že zateplení je potřeb Po zateplení kamennou vatou je ztráta jen téměř 1/5 původní tepelné ztráty.



Graf 4.1 Porovnání tepelných ztrát

5 Tepelné ztráty přes nová okna

5.1 Výpočet tepelných ztrát přes nová okna

Tepelné ztráty jsem počítal pro nová dřevěná euro okna. Tyto okna budou použita při všech druzích zateplení.

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 1,2 \cdot 3,2 \cdot [20 - (-15)] = 134,4 \text{ W}$$

Druh výplně	k [W . m ⁻² . K ⁻¹]
Nové okna	1,2
Staré vnitřní dveře	2,3
Nové venkovní dveře	1,1

Tabulka 5.1 Součinitele prostupu tepla okny a dveřmi [4]

Pokoj	t _i [°C]	t _e [°C]	S _{okna} [m ²]	S _{dveře} [m ²]	Q _o [W]
Kuchyň	20	-15	3,2	-	134,4
Ložnice	20	-15	2,8	-	117,6
Obývací pokoj	20	-15	2,1	-	88,2
Chodba	15	-15	1,35	2,52	131,8
Schodiště	15	-15 ; 3	0,825	1,4	68,4
1. patro					
Dětský pokoj	20	-15	2,07	-	87
Ložnice	20	-15	1,6875	-	70,9
Koupelna	24	-15	0,825	-	38,6
Kuchyň	20	-15	4,75	-	199,5
Chodba	20	-15	0,825	-	34,7
Celkem					971,1

Tabulka 5.2 Vypočtené hodnoty Q_o[W] přes okna a dveře

5.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (6) :

$$Q_v = 1300 \cdot (1,4 \cdot 2,3) \cdot 12 \cdot 0,7 \cdot (20 - (-15)) = 105,5 \text{ W}$$

Druh výplně	Průvzdušnost $i [m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{0.67}]$
Vnitřní netěsné dveře	3,6
Venkovní těsné dveře	1,2
Těsná okna	1,2

Tabulka 5.3 Průvzdušnost oken a dveří [4]

Z literatury pro takto situovaný dům volíme charakteristické číslo budovy $B = 12 \text{ Pa}^{0.67}$ a charakteristické číslo místnosti $M = 0,7$.

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$i [m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{0.67}]$	$l [m]$	$Q_v [W]$
Kuchyň	20	-15	1,4	2,3	105,5
Ložnice	20	-15	1,4	2,15	100,9
Obývací pokoj	20	-15	1,4	1,3	59,6
Chodba	15	-15	1,4 ; 1,9	1,3 ; 4	208,4
Schodiště	15	-15 ; 3	1,4 ; 3,6	1 ; 2,4	152,5
1. patro					
Dětský pokoj	20	-15	1,4	1,3	59,6
Ložnice	20	-15	1,4	1,3	59,6
Koupelna	24	-15	1,4	1	51,1
Kuchyň	20	-15	1,4	3,6	165,1
Chodba	20	-15	1,4	1	45,9
Celkem					1008,2

Tabulka 5.4 Vypočtené hodnoty $Q_v [W]$ přes okna a dveře

6 Tepelné ztráty přes strop

Strop bude zateplený pouze minerální vatou. Ta bude upevněna mezi kleštinami, z technologického hlediska je to neoptimálnější řešení. Kleštiny mají na výšku 0,2 m proto volím výšku minerální vaty také 0,2 m. Toto zateplení bude použito pro všechny druhy zateplení obvodových zdí.

Výpočet dle vzorce (4) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,25}{0,21} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{23}} = 0,653 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Materiál	l [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Sádkokarton	0,018	0,15
Minerální vlna	0,2	0,035

Tabulka 6.1 Vlastnosti materiálů stropu [15]

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (dětský pokoj), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (3) :

$$Q_o = 0,653 \cdot 13,8 \cdot [20 - (-6)] = 234,3 \text{ W}$$

Pokoj	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$t_e [^{\circ}\text{C}]$	$t_i [^{\circ}\text{C}]$	$Q_o [\text{W}]$
Dětský pokoj	20	-6	13,8	40,5
Kuchyň + obývací pokoj	20	-6	27,9	82
Ložnice	20	-6	12,06	35,5
Koupelna	24	-6	6,83	23,2
Chodba	20	-6	10,93	32,1
Schodiště	15	-6	5,25	12,5
Celkem				225,8

Tabulka 6.2 Vypočtené hodnoty $Q_o [\text{W}]$ přes strop

[4] Pro daný dům volím z literatury pro strop $p_1=0,09$ a $p_2=0,1$

Vzorový výpočet prostupu tepla v prvním pokoji (kuchyň), ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce :

Výpočet dle vzorce (2) :

$$Q_p = 225,8 \cdot (1 + 0,09 + 0,1) = 268,7 \text{ W}$$

7 Celková tepelná ztráta

Celkovou tepelnou ztrátou rodinného domu je potřeba energie na krytí tepelné ztráty objektu, do výpočtu jsou zahrnuty vnitřní tepelné zisky.

Zateplení polystyrénem $t=50$ mm

Výpočet dle vzorce (1)

$$Q_c = 5541,3 + 1978,9 - 567,04 = 6953,16 \text{ W}$$

Zateplení polystyrénem $t=100$ mm

Výpočet dle vzorce (1)

$$Q_c = 4083,5 + 1978,9 - 567,04 = 5495,36 \text{ W}$$

Zateplení kamennou vatou $t=100$ mm

Výpočet dle vzorce (1)

$$Q_c = 3884,6 + 1978,9 - 567,04 = 5296,46 \text{ W}$$

8 Ekonomické zhodnocení

8.1 Výpočet teoretické potřeby tepla na vytápění domu

Je to potřeba tepla na vytápění rodinného domu na teplotu interiéru t_i , kde se zanedbávají ztráty kotle, rozvodné sítě a ztráty regulací otopného zdroje [4].

[4] Výpočet teoretické potřeby tepla při přerušovaném vytápění.

$$Q_d = 8,64 \cdot 10^4 \cdot \varepsilon \cdot Q_c \cdot \frac{e \cdot D}{t_i - t_e} \quad (8)$$

Z literatury volím [4] :

e [1] - opravný součinitel na zkrácení doby vytápění, z literatury volím $e=0,9$

t_i [°C] - požadovaná vnitřní teplota, $t_i=20^\circ\text{C}$

t_e [°C] - výpočtová (nejnižší) venkovní teplota, $t_e=-15^\circ\text{C}$

ε [1] - opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty infilrací, $\varepsilon=0,8$ [1]

D [dK] - počet denostupňů, $D=3290$ dK

Výpočet potřeby tepla pro nezateplený dům:

$$Q_c = 17527,11 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (8)

$$Q_d = 8,64 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 17527,11 \cdot \frac{0,9 \cdot 3290}{20 - (-15)} = 102,5 \text{ GJ}$$

Výpočet tepla pro zateplený dům polystyrénem t=50 mm:

$$Q_c = 6953,16 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (8)

$$Q_d = 8,64 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 6953,16 \cdot \frac{0,9 \cdot 3290}{20 - (-15)} = 40,66 \text{ GJ}$$

Výpočet tepla pro zateplený dům polystyrénem t=100 mm:

$$Q_c = 5495,36 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (8)

$$Q_d = 8,64 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 5495,36 \cdot \frac{0,9 \cdot 3290}{20 - (-15)} = 32,13 \text{ GJ}$$

Výpočet tepla pro zateplený dům kamennou vlnou t=100 mm:

$$Q_c = 5296,46 \text{ W}$$

Výpočet dle vzorce (8)

$$Q_d = 8,64 \cdot 10^4 \cdot 0,8 \cdot 5296,46 \cdot \frac{0,9 \cdot 3290}{20 - (-15)} = 30,97 \text{ GJ}$$

8.2 Výpočet skutečné potřeby tepla na vytápění domu

Výpočet skutečné potřeby tepla na vytápění rodinného domu. V tomto výpočtu je teoretická spotřeba tepla navýšena o ztráty vzniklé na otopném zařízení, rozvodech tepla a regulaci otopného zařízení [4].

Rovnice pro výpočet skutečné spotřeby tepla [4].

$$Q_{\text{dskut}} = \frac{Q_d}{\eta_k \cdot \eta_r \cdot \eta_o} \quad (9)$$

η_k [1] - účinnost kotle, $\eta_k=0,7$

η_r [1] - účinnost rozvodu teplotnosné látky, $\eta_r=0,96$

η_o [1] - účinnost obsluhy (regulace) , $\eta_o=0,9$

Výpočet spotřeby tepla domu bez zateplení:

Výpočet dle vzorce (9)

$$Q_{\text{dskut}} = \frac{102,5}{0,7 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 169,5 \text{ GJ/rok}$$

Výpočet spotřeby tepla domu zatepleného polystyrénem $t=50$ mm:

Výpočet dle vzorce (9)

$$Q_{\text{dskut}} = \frac{40,66}{0,7 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 67,23 \text{ GJ/rok}$$

Výpočet spotřeby tepla domu zatepleného polystyrénem $t=100$ mm:

Výpočet dle vzorce (9)

$$Q_{\text{dskut}} = \frac{32,13}{0,7 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 53,125 \text{ GJ/rok}$$

Výpočet spotřeby tepla domu zatepleného kamennou vatou:

Výpočet dle vzorce (9)

$$Q_{\text{dskut}} = \frac{30,97}{0,7 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 51,2 \text{ GJ/rok}$$

8.3 Náklady na vytápění

Z výpočtu určím cenu vytápění rodinného domu za jedno otopné období. S touto cenou potom počítám v bodě návratnosti investice do zateplení. Pro tento výpočet jsem použil ceny za GJ u koksu ceny jsou platné od 1. 1. 2011 [10].

Výpočet ceny za roční vytápění rodinného domu [10]:

$$N = Q_{\text{dskut}} \cdot c \quad (10)$$

N [Kč/rok] - náklady na vytápění za rok

c [Kč/GJ] - cena tepla ze zdroje

Nezateplený dům:

Výpočet podle vzorce (10)

$$N = 196,5 \cdot 330 = 55935 \text{ Kč/rok}$$

Zateplení polystyrénem $t=50$ mm:

Výpočet podle vzorce (10)

$$N = 67,23 \cdot 330 = 22186 \text{ Kč/rok}$$

Zateplení polystyrénem $t=100$ mm:

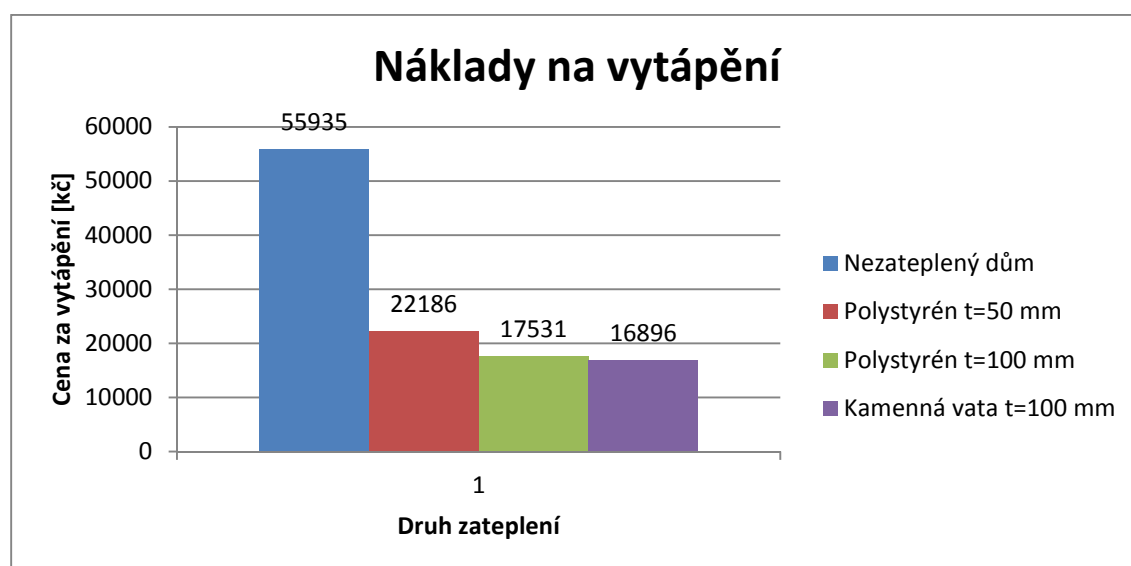
Výpočet podle vzorce (10)

$$N = 53,125 \cdot 330 = 17531 \text{ Kč/rok}$$

Zateplení kamennou vatou $t=100$ mm:

Výpočet podle vzorce (10)

$$N = 51,2 \cdot 330 = 16896 \text{ Kč/rok}$$



Graf 8.1 Náklady na vytápění

8.4 Návratnost investice

Ceny za zateplení jsou počítány za aktuální období. Je zde započítán jen materiál a práce za provedení zateplení. Ceny jsem zjistil na internetu a po konzultaci s firmou zabývající se problematikou zateplování. Není zde počítáno s částkou za úvěr nebo půjčku [6],[7],[8].

Zateplení	Cena [Kč]
Stěny polystyren t=5 cm	26400
Stěny polystyren t=10 cm	40700
Stěny kamenná vata t=10 cm	60940
Strop minerální lna t=20 cm	23200
Okna a dveře	120000
Omítky	30000
Práce	50000

Tabulka 8.1 Ceny materiálu, oken, dveří a práce

Celková cena zateplení při zateplení polystyrénem t=50 mm:

$$C=249600 \text{ Kč}$$

Celková cena zateplení při zateplení polystyrénem t=100 mm:

$$C=275500 \text{ Kč}$$

Celková cena zateplení při zateplení kamenná vlna t=100 mm:

$$C=297420 \text{ Kč}$$

Vzorec pro výpočet návratnosti investice [16]:

$$\text{návratnost} = \frac{C}{\text{úspora na vytápění}} [\text{roky}] \quad (11)$$

Zateplení polystyrén t=50 mm:

Výpočet dle vzorce (11)

$$\text{návratnost} = \frac{249600}{33749} = 7,5 \text{ roku}$$

Zateplení polystyrén t=100 mm:

Výpočet dle vzorce (11)

$$\text{návratnost} = \frac{275500}{38404} = 7,2 \text{ roku}$$

Zateplení kamenná vata t=100 mm:

Výpočet dle vzorce (11)

$$\text{návratnost} = \frac{297420}{39039} = 7,6 \text{ roku}$$

9 Zhodnocení

V bakalářské práci jsem vypočítal tepelné ztráty rodinného domu nacházejícího se v obci Sedliště nedaleko Frýdku-Místku. Spočítal jsem podle normy ČSN 06 0210 tepelné ztráty nezatepleného domu, tepelné ztráty domu zatepleného polystyrénem tloušťky 50 a 100 mm a tepelné ztráty po zateplení kamenné vaty tloušťky 100 mm.

Navrhl jsem možnosti snížení tepelných ztrát prostupem tepla přes svislé stěny (polystyrén, kamenná vata) a dále možnosti snížení prostupu tepla přes podlahy a stropy. Nezanedbatelnou položkou ve snižování tepelných ztrát jsou také ztráty přes stará špatně těsnící okna.

Tyto tepelné ztráty jsem poté použil k výpočtu potřeby dodávaného tepla pomocí vytápění. Z tepla potřebného na vytápění zatepleného domu a z investice do zateplení jsem vypočítal návratnost investice do zateplení. Tato doba je uváděna v letech za které se díky úsporám za vytápění vrátí investice do zateplení.

Z výpočtů jsem zjistil, že nejvýhodnější je zateplení polystyrénem tloušťky 100 mm, tímto zateplením dosáhneme roční úspory na vytápění 38404 Kč. Návratnost investice do tohoto typu zateplení se nám zpět vrátí za 7,2 roků, což je velice dobrá návratnost.

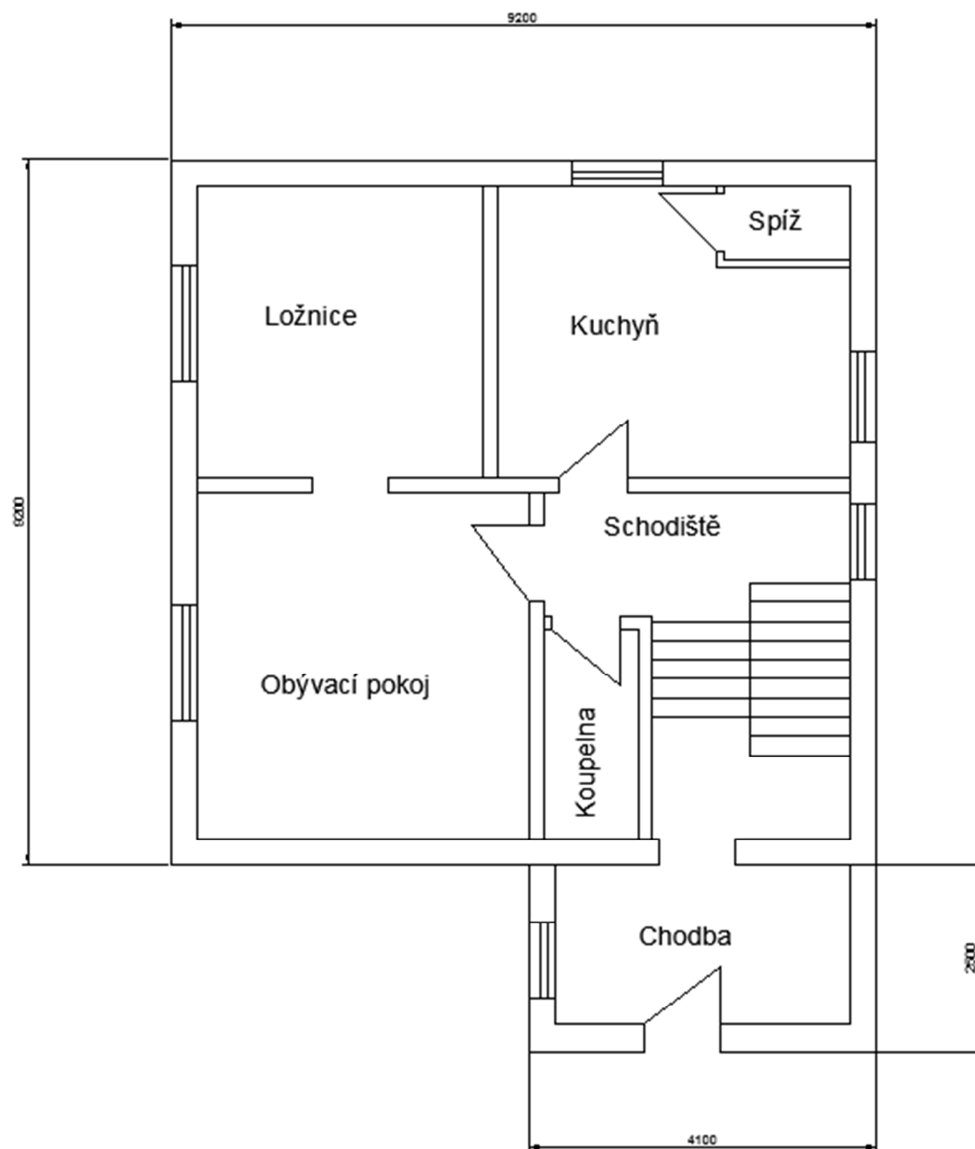
10 Literatura

- [1] NOVÁK, J.: Úspory energie v rodinných domech a bytech. Grada Publishing. Praha, 1999.
- [2] HUMM, O.: Nízkoenergetické domy. Grada Publishing. Praha, 1999.
- [3] ŘEHÁK, J., JANOUŠ, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování, Praha, 1985.
- [4] CIHELKA, J.: Vytápění, větrání, klimatizace. SNTL, 1985
- [5] <http://www.istavitel.cz/>
- [6] Srdečný, K. Machova, F. : Úspory energie v domě. Grada Publishing, Praha 2004
- [7] <http://www.tepelna-izolace.cz/>
- [8] <http://www.styrotrade.cz/>
- [9] <http://www.penove-sklo.cz/>
- [10] <http://www.tzb-info.cz/>
- [11] <http://www.stavba-online.cz/okna-2/okna-druhy-oken-podle-materialu/>
- [12] <http://www.tzb-info.cz/4695-energeticka-bilance-oken-solarni-zisky-a-ztraty-v-pasivnich-domech>
- [13] <http://www.okna-rekonstrukce.cz/izolacni-skla>
- [14] <http://www.pramos.cz/plastova-okna/>
- [15] <http://www.revitalizace.com>
- [16] <http://www.priprava-stavby.cz>
- [17] <http://www.vytapeni-rodinnych-domu.cz/>

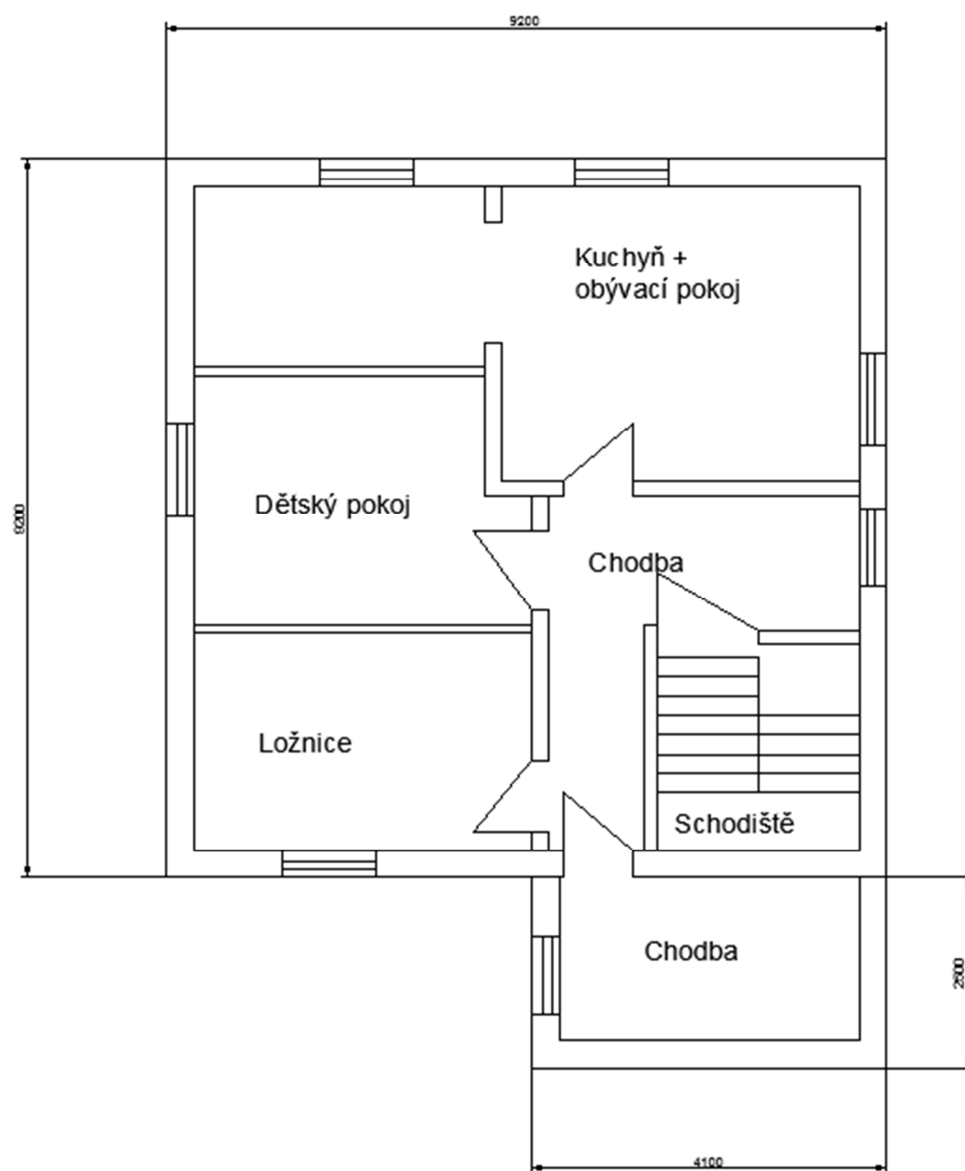
11 Přílohy

Řez rodinným domem:

- Přízemí řez



- patro řez



Fotografie rodinného domu:

- Pohled z jihu



- Pohled ze severu

